

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-20047

(P2001-20047A)

(43)公開日 平成13年1月23日(2001.1.23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)	
C 2 2 F	1/043	C 2 2 F	1/043	4 E 0 0 4
B 2 1 C	23/00	B 2 1 C	23/00	A 4 E 0 2 9
B 2 1 J	1/04	B 2 1 J	1/04	4 E 0 8 7
	5/00		5/00	D
	5/06		5/06	B
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平11-190951  
(22)出願日 平成11年7月5日(1999.7.5)

(71)出願人 000003218  
株式会社豊田自動織機製作所  
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地  
(71)出願人 000219864  
東久株式会社  
愛知県丹羽郡大口町余野一丁目60番地  
(72)発明者 関口 常久  
愛知県丹羽郡大口町余野一丁目60番地 東久株式会社内  
(74)代理人 100081776  
弁理士 大川 宏

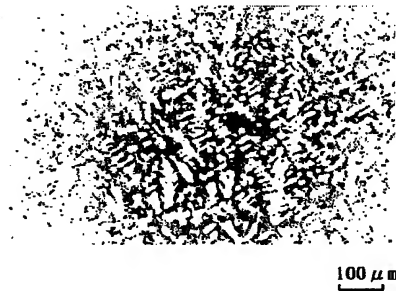
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アルミニウム合金鍛造用素材およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 均質化焼鈍処理を必要とせず、安価であって、高温強度、疲労強度、耐摩耗性、耐応力腐食性に優れ、かつ鍛造性、シャーリング切断性に優れたアルミニウム合金鍛造用素材および生産性に優れたその製造方法を提供する。

【解決手段】 Siを8～22wt%、Cuを0.5～5wt%、Mgを0.3～1.5wt%含有するアルミニウム合金からなり、Al-Si共晶組織のSi晶の平均粒径が25μm以下であり、かつ、初晶のSi晶の平均粒径が30μm以下あるいは初晶のα晶の平均粒径が60μm以下であるミクロ組織を有し、360～460℃の温度下、加工率30～70%の熱間押出加工により成形されたアルミニウム合金鍛造用素材とする。また、この鍛造用素材を、鑄造工程における冷却速度と、押出加工工程における加工温度および加工率とを規制した製造方法によって製造する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Siを8～22wt%、Cuを0.5～5wt%、Mgを0.3～1.5wt%含有するアルミニウム合金からなり、

A1-Si共晶組織のSi晶の平均粒径が25 $\mu$ m以下であり、かつ、初晶のSi晶の平均粒径が30 $\mu$ m以下あるいは初晶の $\alpha$ 晶の平均粒径が60 $\mu$ m以下であるミクロ組織を有し、360～460℃の温度下、加工率30～70%の熱間押出加工により成形されたアルミニウム合金鍛造用素材。

【請求項2】 前記アルミニウム合金は、さらに、Mnを0.2～1.5wt%およびFeを0.04～0.8wt% (MnとFeとの総量で0.25～2wt%)、TiおよびBの少なくとも1種を総量で0.005～5wt%含有する請求項1に記載のアルミニウム合金鍛造用素材。

【請求項3】 前記アルミニウム合金は、さらに、Niを0.15～2wt%および/またはCrを0.04～0.4wt%含有する請求項1または請求項2に記載のアルミニウム合金鍛造用素材。

【請求項4】 Siを8～22wt%、Cuを0.5～5wt%、Mgを0.3～1.5wt%含有するアルミニウム合金の溶湯を凝固時の冷却速度がすべての部位において3℃/sec以上となるように鑄造して押出成形用ビレットを成形するビレット鑄造工程と、前記押出成形用ビレットをコンテナ内に挿入し、360～460℃の温度下、該押出成形用ビレットを該コンテナの後部より加圧して該コンテナの前端部に設けられたダイス穴より加工率が30～70%となるように押出して鍛造用素材を成形する熱間押出加工工程と、を含んでなるアルミニウム合金鍛造用素材の製造方法。

【請求項5】 前記押出成形用ビレットは、断面が矩形状をなすように鑄造される請求項4に記載のアルミニウム合金鍛造用素材の製造方法。

【請求項6】 前記コンテナの前部は、前記ダイス穴に向かって連続的に内部断面積が減少する形状をなし、前記熱間押出加工工程は、前記押出成形用ビレットが該コンテナの前部にて予備成形されつつ前記ダイス穴より押出される請求項4または請求項5に記載のアルミニウム合金鍛造用素材の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】アルミニウム合金製の製品を鍛造加工によって製造するための素材となるアルミニウム鍛造用素材およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】カーコンプレッサ用ピストン、斜板、バルブリフタ、デジタルVTRの磁気テープガイド用シリンドラ等の機械部品の多くは、アルミニウム合金が用いら

れ、高温強度が大きく、耐摩耗性、耐応力腐食性に優れ、熱膨張係数が小さい等の利点から、特にA1-Si系の合金が好んで使用されている。この種の合金としては、金型鑄物ではAC8A、AC8B、AC8C等が、ダイカスト用ではADC12、A390等が、また、伸張・押出用ではA4032等がよく知られている。

【0003】上記種々の部品の製造は、その生産性を考慮し、A4032合金等を用いて、鍛造加工によって行われる場合が多い。比較的小さな部品の製造においては、やはり生産性を考慮し、連続鑄造された大径のビレットから、押出加工により比較的小さな所定の断面を持つ棒材を成形し、次いで、この棒材を製品に適合した長さに切断して鍛造に供していた。

【0004】ところが、棒材を所定の寸法に切断する際、鋸盤によって切断するのが一般的であるが、鋸盤による切断は、次工程である鍛造工程の加工速度よりも遅く、製品の生産性を向上させる場合の障害となっていた。そこで、切断速度を向上させるために、鋸盤による切断に代え、シャーリングによる切断を採用することが検討されている。

【0005】A1-Si系合金は、延性、韌性に優れるため、シャーリングによる切断性はあまり良好ではなく、例えば、A4032合金をシャーリング切断すると、切断面にクラックが発生したり、切断面に著しい凹凸を生じることとなり、鍛造用素材として供することが困難であった。また、A4032合金の場合は、疲労強度に難点があり、例えばカーコンプレッサ用ピストン、斜板、バルブリフタ等のような高負荷で連続的な荷重が作用するような部品を製造するための素材としては適していなかった。

【0006】上記問題に対応すべく、従来において、例えば、特許第2506115号公報に示すように、アルミニウム合金が含有する合金成分を調整し、かつ、その合金組織および表面強度を規定することで、高温強度、疲労強度、耐摩耗性、耐応力腐食性を満足しつつ、シャーリングによる切断性を向上させる技術が検討されていた。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記公報記載のアルミニウム合金を用いてこれを押出加工することにより鍛造用素材を製造しようとする場合、上記公報中に記載されているように、押出加工の前にその合金に対して均質化焼鈍処理を施さなければならなかった。この均質化焼鈍処理は、鑄造されたアルミニウム合金における鑄造組織を消失させる等の目的で行うものであり、例えば430℃程度の温度で、一定時間加熱炉中に保持して行う。このような均質化焼鈍処理を必要とすることは、生産性の向上を阻害するものであり、また製品のコストを増大させる要因ともなる。

【0008】さらに、従来の押出加工では、上述したよ

うに、大きな断面積をもつ大径ビレットから押出すことから、加工率の大きい加工となっている。加工率の大きな押出加工を施すことは、鍛造用素材の組織に顕著な方向性を生じさせることになり、疲労強度、延び等の特性にも方向性を生じさせ、鍛造後の製品の性能を低下させる一因ともなっている。また、大きな加工率の押出加工は大きな加工発熱を伴うため、結晶粒の粗大化等の組織変化をもたらし、その後の鍛造加工における鍛造性、製品の強度特性等を悪化させる一因ともなっていた。

【0009】本発明者らは、アルミニウム合金の組成および組織を適正なものにすることに加え、鍛造用素材を製造するための押出加工の加工条件をも適性なものとするにより、上記従来のアルミニウム合金鍛造用素材の抱える問題を解決できるとの知見を得た。

【0010】本発明は、この知見に基づくものであり、均質化焼鈍処理を必要とせず、安価であって、高温強度、疲労強度、耐摩耗性、耐応力腐食性に優れた、かつ鍛造性、シャーリング切断性に優れたアルミニウム合金鍛造用素材を提供することを課題とし、このアルミニウム合金鍛造用素材の生産性に優れた製造方法を提供することを課題としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】製造コスト、高温強度、疲労強度、耐摩耗性、耐応力腐食性、鍛造性、シャーリング切断性のすべてを満足させるためには、アルミニウム合金鍛造用素材が、(イ)適切な合金成分を適切な量だけ含有すること、(ロ)簡便な製造方法にて製造できること、(ハ)均一で微細な組織を有し、鍛造組織が残存しないこと、(ニ)シャーリング切断時に剪断面が平坦になり凹凸を生じないこと、(ホ)シャー切断時に剪断によるクラック等が発生しないことが必要であると考えられる。以下にこれらの条件についてさらに詳しく説明する。

【0012】(イ)適切な合金成分を適切な量だけ含有すること

比較的安価であり、高温強度、耐摩耗性、耐応力腐食性が良好で、熱膨張係数が小さいAl-Si系の合金を採用するのが好ましい。より優れた性能を発揮させるものとして、Cu、Mgを含有するAl-Si-Cu-Mg系の合金を使用するのがよいと判断する。

【0013】(ロ)簡便な製造方法にて製造できること  
連続鍛造材を用いることができ、鍛造用素材としての仕上がり寸法精度が良好であり、また、容易に鍛造組織を消失させることのできる熱間押出加工によって製造するのが良く、さらには、工程を単純化するためおよび製造コストの削減のため、熱間押出加工前に均質化焼鈍処理を必要としない製造方法によって製造できる必要がある。

【0014】(ハ)均一で微細な組織を有し、鍛造組織が残存しないこと

鍛造組織のミクロ組織は、過共晶合金であれば初品としてSi晶を有し、また亜共晶合金であれば初品として $\alpha$ 晶(A1晶)を有し、そして共晶組織を有している。鍛造用素材としては、鍛造したままの組織が残存せず、さらに均一で、微細化されている必要がある。

【0015】上記熱間押出加工によれば、鍛造組織は容易に消滅させることができるが、加工率が高いと、素材に方向性が生じ、延び等の特性にも方向性を生じ、また疲労強度に対しても悪影響を及ぼす。さらに加工率が高いと、加工発熱により結晶組織の変化をもたらす、製品の特性を劣化させる。特に結晶粒の粗大化による強度低下を避ける必要がある。

【0016】このことから、加工率を低く抑える必要がある。ここで加工率とは、押出加工の際、ビレットが挿入されるコンテナの前端部に設けられたダイス穴を通過する直前の素材の断面積に対する押出成形後(つまりダイス穴通過直後)の素材の断面積の減少率をいう。通常の押出成形では、加工率は85~90%で実施されているが、加工率を30~70%に抑えることで、鍛造組織を残存させず、均一で微細な合金組織を得ることができる。

【0017】(ニ)シャーリング切断時に剪断面が平坦になり凹凸を生じないこと

押出加工によって得られた鍛造用素材は、長い棒材となる。この素材を鍛造加工に供するためには、製品に適合した所定の長さで切断する必要がある。この時鋸刃による切断では、切削屑が発生し、歩留りが低下することになる。また、鋸刃による切断では、切断速度が遅く高生産性は期待できない。そこで、シャーリング切断を行うことが望ましい。

【0018】ところが、シャーリング切断では、切断面が凹凸となり易く、この凹凸が鍛造時に被り欠陥の原因となる。またシャーリング切断時に剪断破壊の前に剪断方向に塑性変形すると変形部分の特性が局部的に変化してしまい、鍛造後の製品にも悪影響を及ぼす。これらのことから、切断面つまり剪断面が平滑であることが望まれる。剪断面の平滑性は、鍛造用素材がある程度の脆性を有することを必要とする。また、素材内部に偏析等によるラミネーションがないことも必要とされ、この点でも熱間による押出加工は残留する偏析等を緩和させることができ好適な加工となる。

【0019】(ホ)シャー切断時に剪断によるクラック等が発生しないこと

剪断によりクラック等が発生する場合は、鍛造加工によって割れ欠陥を生じるばかりでなく、製品の機械的強度を大きく低下させてしまう。このためには、鍛造用素材が適正な靱性を有することを要求される。しかし上記

(ニ)において脆性をも必要とすることから、結論的には、靱性と脆性とのバランスのとれた素材であることを要求される。

【0020】以上のすべての条件を満足するアルミニウム合金鍛造用素材は、本発明者らが鋭意研究の結果見出した本発明のアルミニウム合金鍛造用素材であり、このアルミニウム合金鍛造用素材は、Siを8~22wt%、Cuを0.5~5wt%、Mgを0.3~1.5wt%含有するアルミニウム合金からなり、Al-Si共晶組織のSi品の平均粒径が25 $\mu$ m以下であり、かつ、初品のSi品の平均粒径が30 $\mu$ m以下あるいは初品の $\alpha$ 品の平均粒径が60 $\mu$ m以下であるミクロ組織を有し、360~460℃の温度下、加工率30~70%の熱間押出加工により成形されたことを特徴とする。

【0021】つまり、本発明のアルミニウム合金用鍛造素材は、アルミニウム合金の組成および組織を適正なものにすることに加え、鍛造用素材を製造するための押出加工の加工条件をも適性なものとした鍛造素材であり、上記構成を採用することで、安価であって、高温強度、疲労強度、耐摩耗性、耐応力腐食性、鍛造性、シャーリング切断性に優れた鍛造用素材となる。

【0022】また、本発明の製造方法は、上記本発明のアルミニウム合金用鍛造素材の製造方法であって、Siを8~22wt%、Cuを0.5~5wt%、Mgを0.3~1.5wt%含有するアルミニウム合金の溶湯を凝固時の冷却速度がすべて部位において3℃/sec以上となるように鑄造して押出成形用ビレットを成形するビレット鑄造工程と、前記押出成形用ビレットをコンテナ内に挿入し、360~460℃の温度下、該押出成形用ビレットを該コンテナの後部より加圧して該コンテナの前端部に設けられたダイス穴より加工率30~70%となるように押出して鍛造用素材を成形する熱間押出加工工程とを含んでなることを特徴とする。

【0023】つまり、本発明の製造方法は、上記組成をもつアルミニウム合金溶湯から押出成形用ビレットを鑄造する鑄造工程における冷却速度と、押出加工工程における加工温度および加工率とを規制することで、均一であり微細な組織を有する本発明のアルミニウム合金鍛造用素材を容易に得ることができる。また、鑄造工程と押出加工工程との間に、均質化焼鈍処理、ピーリング(皮むき)加工を必要としないことで、簡便であって、迅速かつ低コストな製造方法となる。

【0024】  
【発明の実施の形態】以下に、本発明のアルミニウム合金鍛造用素材およびその製造方法の実施形態について詳しく説明する。

【0025】〈合金成分〉本発明のアルミニウム合金鍛造用素材は、Siを8~22wt%、Cuを0.5~5wt%、Mgを0.3~1.5wt%含有するアルミニウム合金からなる。つまり、Si、Cu、Mgを上記組成範囲で含有し、残部がAlと不可避の不純物で構成されるものでもよく、種々の特性を改良するために他の合金成分を含有するものであってもよい。

【0026】Siは、合金の熱膨張係数を低下させ、耐摩耗性を向上させる役割を果たす。機械的強度、耐摩耗性、のみならず疲労強度においても良好な特性を得られることから、Siの含有割合は、8wt%以上22wt%以下とする。22wt%を超える場合は、ビレット製造時の鑄造性が低下し、また、鍛造性、押出成形性、切削性が低下し、実用性に欠けることになる。

【0027】Cuは、合金の基地に固溶して、その強度を向上させる役割を果たす。含有割合が1.5wt%未満では、強度、耐摩耗性、切削性において良好な特性が得られず、また、5wt%を超える場合は、割れが発生したり、鑄造時に湯流れ不良が生じ易くなって鑄造が困難になったりする。このため、Cuの含有割合は、0.5wt%以上5wt%以下とする。

【0028】Mgは、時効硬化によって合金の特性を改善させる役割等を果たす。0.3wt%未満では、合金が時効硬化性に乏しく望む特性が得られず、1.5wt%を超える場合は、酸化ロスの増えるばかりでなく、鑄造時あるいは鍛造時の割れが生じ易くなり、特性が劣化する。このため、Mgの含有割合は、0.3wt%以上1.5wt%以下とする。

【0029】本発明のアルミニウム合金鍛造用素材は、その特性をより良好なものとするを目的として、さらに、Mnを0.2~1.5wt%およびFeを0.04~0.8wt%(MnとFeとの総量で0.25~2wt%)、TiおよびBの少なくとも1種を総量で0.005~5wt%含有するアルミニウム合金からなるようにすることが望ましい。

【0030】MnおよびFeは、合金の再結晶温度を上昇させて、鍛造された製品の高温特性を良好にする役割を果たす。Mnの含有割合が0.2wt%未満では効果が乏しく、また、1.5wt%を超える場合は、鍛造性が悪化する。このことからMnの含有割合は、0.2wt%以上1.5wt%以下とするのが望ましい。Feの含有割合が0.04wt%未満では効果が乏しく、また、0.8wt%を超える場合は、Al-Fe-Siの針状組織が晶出し、伸び特性を悪化させる。このことから、Feの含有割合は、0.04wt%以上0.8wt%以下とするのが望ましい。さらに、MnとFeとの総量をも規制する必要がある。MnとFeとの総含有割合が0.25wt%未満では、やはり効果が乏しく、また、2.0wt%を超える場合は、Al-Mn-Fe、Al-Fe-Si等の金属間化合物が針状に発生する。そこでMnとFeとの総量は、0.25wt%以上0.2wt%以下とするのが望ましい。

【0031】TiおよびBは、結晶粒の微細化に役立つ。結晶粒の微細化は、強度特性を向上させるとともにシャーリング切断性をも向上させる。両者の総量が0.005wt%未満では効果が少なく、0.5wt%を超えて添加してもその効果は低下するとともにAl-Ti

等の針状組織が発生し靱性を損なうことになる。したがって、TiおよびBの少なくとも1種含有させ、その総含有割合を0.005wt%以上5wt%以下とするのが望ましい。より望ましくは、0.02~0.25wt%とするのがよい。さらに理想的には、総量を0.1wt%とし、重量比でTi:B=4:1として添加するのが好ましい。

【0032】なお、上記態様は、Mn、Fe、TiおよびBの少なくとも1種のすべてを含む態様であるが、Mnのみ、Feのみ、MnとFeのみ、TiおよびBの少なくとも1種のみを添加する態様とすることもできる。この場合であってもそれぞれの合金成分の添加効果が期待できる。

【0033】さらに、本発明のアルミニウム合金鍛造用素材では、さらに、Niを0.15~2wt%および/またはCrを0.04~0.4wt%含有するアルミニウム合金からなるようにするのが望ましい。NiおよびCrの少量の添加は、合金の高温特性を向上させる。ただし、これらの金属の過剰な添加は靱性、疲労強度の低下を招くため、それぞれ、上記範囲の添加にとどめるのがよい。

【0034】また、本発明のアルミニウム合金鍛造用素材では、Znを含有するものであってもよい。Znは、強度向上に効果があり、特にMgとの共存により、機械的性質、機械加工性を向上させるという役割を果たす。Znが0.1wt%未満の場合は、機械的特性への寄与率が小さくなり、また、0.4wt%を超える場合は、靱性が劣化し、耐食性が悪くなることから、Zuの含有割合は、0.1wt%以上0.4wt%以下とするのが望ましい。

【0035】さらにまた、本発明のアルミニウム合金鍛造用素材では、接種剤として、Sr、Na、Ca、K、P等を溶湯中に10~30ppm添加するものであってもよい。これらの元素の添加は、共晶組織のSi晶、あるいは初晶であるSi晶の成長を抑制し、鍛造素材の結晶を微細化して鍛造性、機械的性質の改善とシャーリング切断性の向上に寄与する。特に過共晶合金を比較的遅い冷却速度で凝固させるような場合には、適当な接種剤を加えることが有効となる。

【0036】〈合金組織〉本発明のアルミニウム合金鍛造用素材では、強度特性、鍛造性等を担保するため、特にシャーリング切断性を向上するために、合金のミクロ組織が、Al-Si共晶組織のSi晶の平均粒径が25μm以下であり、かつ、初晶のSi晶の平均粒径が30μm以下あるいは初晶のα晶の平均粒径が60μm以下となるようにする。

【0037】共晶組織におけるSi晶の平均粒径を25μm以下に抑えることで、鍛造性、強度特性等が良好となり、さらにシャーリング切断時の剪断面が平滑になる。より良好特性を得るためには、15μm以下とする

のがより望ましい。

【0038】Siの含有割合が約12%を超える過共晶合金の場合、鍛造時に初晶としてSi晶が晶出する。この初晶のSi晶が存在する場合、その平均粒径を30μm以下とする。より良好な特性を得るためには25μm以下とするのが望ましい。また、Siの含有割合が約12%未満の亜共晶合金の場合、鍛造時に初晶としてα晶が晶出する。この初晶のα晶が存在する場合、その平均粒径を60μm以下とする。

【0039】それぞれの結晶粒を小さなレベルに制限するためには、後に詳しく説明するように、鍛造する際の鑄塊(ピレット)の冷却速度を大きくし、さらに、後に行う押出成形の加工率、加工温度を制限することによって達成できる。

【0040】なお、さらに、本発明のアルミニウム合金鍛造用素材では、マクロ組織において、等軸晶が面積率で60%以上となる合金からなるようにするのが望ましい。これは、等軸晶においては、シャーリング切断による剪断面が平滑になり、羽毛状晶が存在すると、剪断面の状況が等軸晶の場合と異なり、凹凸が大きくなり、また割れが発生させるからである。したがって、羽毛状晶が実質的に存在しない組織を有するものがより望ましい。

【0041】〈熱間押出加工による成形〉本発明のアルミニウム合金鍛造用素材は、360~460℃の温度下、加工率30~70%の熱間押出加工により成形される。熱間押出加工は、加工上が寸法精度が良好であり、また素材から容易に鍛造組織を消失させることができるというメリットがある。

【0042】ただし、加工率が高い押出加工は、合金組織の方向性が顕著となり、強度等の特性についても方向性を生じさせるため望ましくない。また、加工率の高い押出加工を行えば、加工発熱が大きく、結晶粒が粗大化し、素材の靱性低下を招く、強度特性、シャーリング切断性を良好に保つためには、加工率を30~70%とする必要がある。なお、鍛造性を含めた特性のバランスの採れた鍛造用素材とするためには、加工率が35~70%の押出加工により成形するのがより望ましい。

【0043】また、加工温度は、押出加工のし易さと結晶粒の大きさとの兼ね合いから、360~460℃の範囲とする。加工率、押出成形される素材の断面積、形状等によって異なるものとなるが、より良好な特性を得るためには、420~450℃の範囲で熱間押出加工を行うのがより望ましい。

【0044】〈本発明のアルミニウム合金鍛造用素材の製造方法〉本発明のアルミニウム合金鍛造用素材の製造方法は、上記熱間押出加工を除いて、特に限定されるものではない。ただし鍛造時の冷却速度等の影響も大きく、以下に説明する本発明の製造方法によるものが望ましい。

【0045】本発明の製造方法は、Siを8〜22wt%、Cuを0.5〜5wt%、Mgを0.3〜1.5wt%含有するアルミニウム合金の溶湯を凝固時の冷却速度がすべての部位において3℃/sec以上となるように鑄造して押出成形用ビレットを成形するビレット鑄造工程と、この押出成形用ビレットをコンテナ内に挿入し、360〜460℃の温度下、押出成形用ビレットをコンテナの後部より加圧してコンテナの前端部に設けられたダイス穴より加工率が30〜70%となるように押出して鍛造用素材を成形する熱間押出加工工程とを含んで

【0046】ビレット鑄造工程における鑄造方法は、特に限定されるものではなく、公知の種々の鑄造方法を採用することができる。生産性を考慮すれば、連続鑄造法を採用するのがよい。

【0047】鑄造工程における凝固時の冷却速度をビレットのすべての部位において3℃/sec以上となるようにするのは、合金の結晶粒の粗大化を防止するため、偏析を抑えるため、および、冷却速度差による各部位の組織差を生じさせないためである。さらに望ましくは各部位において、冷却速度が5℃/sec以上となるようにするのがよい。なお、凝固時とは、凝固するときのみを意味するのではなく、凝固開始から再結晶温度以下に温度が下降するまでを意味する。凝固時の冷却速度を大きくするには、鑄型の冷却および鑄型から取り出したビレットの冷却を適正な方法で強化すればよい。

【0048】従来、押出加工に供されるビレットは、断面が円形を成すものが一般的である。連続鑄造法において、円形断面のビレットを製造する場合、直径で約100mmφ以下の断面をもつビレットとすることにより、すべての部位において3℃/sec以上の冷却速度を維持することができる。直径100mmφ以下のビレットは、かなり小径であるため、生産性を満足させることができないと考えられる。この場合、ビレットの断面を矩形状とすることにより、より大きな断面をもつビレットであっても同等の冷却速度を維持することができる。同一断面積であれば、円形に比べ矩形のほうが、外周長が長いからであり、より大きな断面積をもつビレットを製造できることで、生産性を向上させることができる。ちなみに、170mm×70mmの矩形状の断面を持つビレットの場合であっても、後の実施例の項で示すように、良好な合金組織が得られることが確認できた。なお、矩形状とは、正方形、長方形を意味するが、ひし形、台形等の若干異形状をしたもの、頂点が曲線状に形成されるもの等を含むことを意味する。

【0049】熱間押出加工工程は、押出成形用ビレットをコンテナ内に挿入し、コンテナの後部より加圧してコンテナの前端部に設けられたダイス穴より押出して鍛造用素材を成形する。加工温度および加工率については、上記の条件に従う。

【0050】加工率30〜70%の押出加工は、低加工率であるため、ダイス穴が1つでは大きな断面積をもつビレットからでは大きな断面をもつ鍛造用素材しか成形することはできない。そこで小さい断面積を有する鍛造用素材を成形する場合は、複数のダイス穴を設け、同時に複数本の鍛造用素材を成形することによって、低加工率の押出加工を実施できることとなる。

【0051】ただし、複数のダイス穴を設けて小さい断面積の鍛造用素材を成形する場合、ダイス穴を通過する直前では、素材に塑性流動の乱れを生じ易く、成形後の合金組織に悪影響を与えることも懸念される。そこで本発明の製造方法では、コンテナの前部を、ダイス穴に向かって連続的に内部断面積が減少する形状とし、熱間押出加工工程を、押出成形用ビレットがコンテナの前部にて予備成形されつつダイス穴より押出されるような態様のものとすることが望ましい。

【0052】コンテナ内で行う予備成形の状態を、図1に概念的に示す。図1に示す様に、コンテナ10の前端部には、ダイス穴11が設けられ、コンテナのダイス穴11に向かう前部は、ビレット20の断面積を減少させるべくテーパー状になっており、この部分が予備成形部12となっている。このようなコンテナ10を用いて押出加工を行うことにより、塑性流動が整然とした押出成形を行うことが可能となり、押出された鍛造用素材の合金組織は良好な状態を保ちつつ、低加工率であって、小さな断面積をもつ鍛造用素材の成形が可能となる。なお、このようなテーパー状の予備成形部を設けることは、コンテナ内に残留するデッドメタルを少なくできるというメリットもあり、より経済的な押出加工を達成できる。

【0053】予備成形後の形状は、つまりダイス穴直前のコンテナの断面形状は、押出される素材の断面形状および断面積、設けられるダイス穴の数、ビレット自体の断面形状等に依り、適切な任意のものとなることができる。例えば、上記の矩形状の断面をもつビレットの場合であっても、予備成形後の断面形状は、円形、楕円形、角に丸みを帯びた矩形状等種々の形状を採用することができる。

【0054】予備成形における断面積の減少勾配は、塑性流動の整然さ、残留するデッドメタルの量等との兼ね合いで決定すればよい。例えば、1000mm<sup>2</sup>の断面積をもつビレットを、断面積500mm<sup>2</sup>となるように予備成形する場合は、予備成形開始点から予備成形終了点までの押出し方向の距離が、20〜70mmとなるような予備成形部を有するコンテナによって押出加工することが望ましい。他の場合であってもこの範囲の断面積減少勾配を有するようにコンテナを設計することが望ましい。

【0055】一実施形態として、上述した170mm×70mmの矩形断面をもつビレットを、130mm×6

10

20

30

40

50

5mmの断面形状に予備成形した後、直径30mmφの断面をもつ鍛造用素材を6本同時に押出成形する場合の、ビレットから鍛造用素材までの連続した形状を、図2に模式的に示す。この場合の予備成形部の押出し方向の長さ35mmであり、ちなみに、押出された鍛造用素材の加工率は64%である。

【0056】

【実施例】本発明のアルミニウム合金鍛造用素材を実際に実施例として製造した。また、本発明のアルミニウム\*

\*合金鍛造用素材と異なる組成または製造方法の鍛造用素材を比較例として製造した。そしてこれらに対して、種々の試験を施し、本発明のアルミニウム合金鍛造用素材の優秀性について確認した。以下に説明する。

【0057】下記表1に、実施例、比較例のアルミニウム合金鍛造用素材の組成および製造方法の概略を一覧として示す。

【0058】

【表1】

	試料No.	合金組成 (残部はAl)										製造方法
		Si	Cu	Mg	Fe	Mn	Cr	Zn	Ti+B	Ni	Na+Sr	
実施例	1	8.0	2.6	0.4	0.3	0.3			0.02			矩形ビレット→押出成形
	2	8.0	4.5	0.8	0.6	0.7	0.2	0.3	0.02	0.25	0.01	〃
	3	11.5	2.8	0.6	0.8	0.6	0.3		0.03			〃
	4	11.5	4.5	0.6	0.6	0.6		0.4	0.02		0.01	〃
	5	17.0	2.0	0.6	0.3	0.3		0.3	0.03	0.3		〃
	6	17.0	4.5	0.8	0.6	0.6	0.2		0.04			〃
比較例1	11	0.72	2.0	1.5					0.01	1.8		円形ビレット→押出成形
	12	9.0	3.5	1.0					0.15	1.8		金型鍛造
	13	12.3	1.0	0.8	0.15				0.01	1.0		細径連続鍛造
比較例2	21	No.2と同じ										円形ビレット→押出成形
	22	No.4と同じ										〃
	23	No.6と同じ										〃

【0059】〈実施例〉実施例は、サンプルNo. 1～6のものであり、その組成は、Siの含有割合を3段階に変更し、他の成分を適宜分布させたものである。表記した成分の溶湯を、凝固時の冷却速度が鋳塊の各部で5℃/sec以上となるようにし、連続鍛造法で、断面が100mm×80mmの矩形形状のビレットとした。従来行っていた均質化焼鈍処理およびピーリング加工を省略し、上記実施形態で例示した図2に示すような方法で、420℃の温度に加熱したビレットを押出し、直径30mmφの鍛造用素材を製造した。なお、熱間押出加工における加工率は、47%であった。

【0060】〈比較例1〉比較例1は、サンプルNo. 11～13のものであり、実施例のものと同様の異なる合金からなるものである。サンプルNo. 11のものは、Al-Cu-Mg系の型打ち鍛造用合金であるA2218を、サンプルNo. 12のものは、鍛造用合金であるAC8Bを、サンプルNo. 13のものは、本発明の鍛造用素材に近い組成をもつ型打ち鍛造用合金であるA4032をそれぞれ採用した。

【0061】サンプルNo. 11のものは、冷却速度2℃/secで直径250mmφに連続鍛造した円形ビレットを、ピーリング加工および均質化焼鈍処理(490℃×4Hr後、60～80℃/Hrの冷却速度で常温まで冷却)を施し、次いで、420℃の温度に加熱して、加工率85%の熱間押出加工を行って、10本の直径30mmφの鍛造用素材とした。

【0062】サンプルNo. 12のものは、金型により直径30mmφに鍛造し、鍛造用素材とした。このとき※50

※の冷却速度は0.4℃/secであった。またサンプルNo. 13のものは、直径30mmφに細径連続鍛造し、鍛造用素材としたものである。この場合の冷却速度は、4.5℃/secであった。

【0063】〈比較例2〉比較例2は、サンプルNo. 21～23のものであり、実施例のサンプルNo. 2、4、6とそれぞれ同じ組成をもつ合金からなる。サンプルNo. 11のものと同様に、それぞれ、連続鍛造した直径250mmφの円形ビレットを、ピーリング加工および均質化焼鈍処理後、直径30mmφに押出加工して製造した。

【0064】〈特性試験〉上記実施例および比較例の鍛造用素材から試験片を切削成形して、その試験片に対して、特性調査のための各種の試験を行った。これらの試験方法を以下に示す。なお、下記の試験の内、シャーリング試験、鍛造性試験以外の機械的性質についての試験は、実際に使用される場合と同条件であることを想定して、T6処理(505℃×4Hr加熱後、温水焼入れして、170℃×7Hrの人工時効処理を施すもの)を施した試験片に対して行った。

【0065】(1) 断面組織観察

それぞれの鍛造用素材を機械加工して所定寸法の試験片を得、試験片の横断面を研磨し、エッチングを行って断面組織の観察を行い、共晶組織のSi晶および初晶であるSi晶またはα晶の平均粒径を測定した。

【0066】(2) シャーリング切断試験

直径30mmφの丸棒状の試験片を、能力160t、毎分65回のストローク、ラムストローク140mmの仕

様をもつシャーリング切断機により、刃具とのクリアランス0.2mmで剪断し、その剪断面の状況を目視にて判定した。判定は、図3に示す基準に従い、剪断面の凹凸および割れの有無により評価するものとした。

#### 【0067】(3) 鍛造性試験

図4(a)に示す形状をもつ試験片31を作製し、360℃×1Hrの焼鈍処理を施した後、図4(b)に示す様な鍛造性試験機30を用い、試験片31を金敷き32に置き、ハンマー33により鍛圧し、鍛圧後の試験片31の割れ34により限界加工率を測定し、この限界加工率を基に評価した。

#### 【0068】(4) 引張試験

20tのアムスラ万能試験機により、引張強さ、耐力、伸びを測定した。

#### 【0069】(5) 疲労試験

小野式疲労試験機にて、 $1 \times 10^7$ の繰返し時の破断荷重を測定した。

#### 【0070】(6) 高温強度引張試験

200℃の温度に30分間保持し、高温引張試験機により、高温強度を測定した。

#### 【0071】(7) 耐摩耗試験

大越式耐摩耗試験により摩擦速度3.1m/sec、荷重18.9kg、摩擦距離600mの条件で、相手材としてFC30を用いて実施し、比摩耗量を測定した。

【0072】〈評価〉断面組織観察の結果として、その代表的なものであるサンプルNo. 3およびNo. 13の断面組織写真をそれぞれ図5および図6に示す。また、上記各種試験の結果を一欄にして下記表2に示す。

#### 【0073】

#### 【表2】

サンプル No.	共晶Si サイズ ( $\mu\text{m}$ )	初晶Si サイズ ( $\mu\text{m}$ )	初晶 $\alpha$ サイズ ( $\mu\text{m}$ )	鍛造性	シャー 切断性	引張強さ (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)	疲労強度 (MPa)	高温強度 (MPa)	比摩耗量 ( $\times 10^{-3} \text{mm}^3/\text{kg}$ )	
実施例	1	6	—	43	良	B	401	345	6.1	187	203	11.6
	2	7	—	36	↑	B	410	355	6.5	193	205	11.4
	3	4	—	28	↑	A	408	342	4.8	186	208	12.0
	4	8	—	32	↑	A	398	359	4.7	173	220	11.7
	5	6	17	—	↑	B	401	344	4.2	176	213	9.8
比較例1	6	11	20	—	やや良	B	421	368	4.0	165	206	8.9
	11	29	—	86	やや良	C	415	295	16.0	170	126	13.8
	12	30	—	120	↑	D	320	273	2.1	125	211	12.9
	13	32	—	—	やや良	C	340	257	6.2	165	168	12.2
比較例2	21	35	—	93	やや良	C	408	328	3.5	183	202	11.8
	22	36	—	80	↑	C	390	305	3.6	178	196	11.9
	23	33	32	—	不可	D	365	288	3.4	176	217	11.4

【0074】図5に示す実施例であるサンプルNo. 3の鍛造用素材では、亜共晶合金であるため、断面組織において、初晶の $\alpha$ 晶と共晶組織のSi晶とが混在するものとなっている。図5中、不定形の微細形状のものが共晶Siであり、白くツリー状に見えるのが $\alpha$ 晶である。共晶組織のSi晶の平均粒径は4 $\mu\text{m}$ 、初晶の $\alpha$ 晶の平均粒径は28 $\mu\text{m}$ であり、微細な結晶粒から構成された組織であることが判る。

【0075】これに対して図6に示す比較例であるサンプルNo. 13の鍛造用素材では、共晶系の合金であるため、断面組織において、初晶のSi晶は殆ど存在しない。図6中、針状に黒く見えるのが共晶Siであり、粗大化している。また、白色で雲状を呈しているのが $\alpha$ 晶で、これも粗大化している。共晶組織のSi晶の平均粒径は32 $\mu\text{m}$ であり、大きな結晶粒から構成された合

金組織となっている。

【0076】また、表2に挙げた実施例、比較例のすべての鍛造用素材の結晶粒子の平均粒径から判るように、実施例の鍛造用素材では、比較例の鍛造用素材と比較して微細な結晶粒を有する組織となっていることが確認できる。このように微細な組織であるが故、以下に説明する良好な特性が得られる鍛造用素材となる。

【0077】他の特性について説明を加えれば、シャーリング切断性については、実施例の鍛造用素材は、比較例の鍛造用素材に比べ、明らかに良好であり、本発明の鍛造用素材の優位性を示した結果となっている。また、鍛造性についても、実施例の鍛造用素材は良好であり、これに対して比較例の鍛造用素材は劣るものとなっている。特に比較例2のサンプルNo. 23のものは割れが発生し、鍛造用素材としては不適当なものであることが判る。

【0078】引張試験においては、Cuの含有量が多いほど、引張強さ、耐力の向上が見られる。疲労試験、高\*

項目	内容・諸値
使用切断機	50t シャーリング切断機
使用鍛造機械	400t クランクプレス
鍛造温度	420±20℃
潤滑剤	黒鉛+灯油
鍛造荷重	290t
使用合金	Al-8Si-2.6Cu-0.4Mg-0.3Fe-0.3Mn (サンプルNo. 1)

【0081】鍛造結果は良好で、割れ等の鍛造欠陥の発生は見られなかった。また、製造したピストンに対して、両端の2点を支持し、中央部に負荷をかける抗折試験を行った結果、1.4tの負荷にまで耐えることができ、十分な実用強度を有する製品であることが確認できた。

【0082】

【発明の効果】本発明のアルミニウム合金鍛造用素材は、材料となるアルミニウム合金の組成および組織を適正なものとしたことに加え、成形するための押出加工の加工条件をも適性なものとした鍛造用素材である。このような構成の鍛造用素材としたことで、本発明の鍛造用素材は、均質化焼鈍処理を必要とせず、安価であって、高温強度、疲労強度、耐摩耗性、耐応力腐食性に優れ、かつ鍛造性、シャーリング切断性に優れたアルミニウム合金鍛造用素材となる。そしてこの鍛造用素材を用いて鍛造した製品、例えば、カーコンプレッサ用ピストン、斜板、バルブリフタ、デジタルVTRの磁気テープガイド用シリンダ等の機械部品は、機械的特性が充分良好であるとともに、製造効率が良く、製造コストを低く抑えることのできる製品となる。

【0083】また本発明の製造方法は、上記本発明のアルミニウム合金鍛造用素材の製造方法であって、アルミニウム合金溶湯から押出成形用ビレットを鍛造する鍛造※50

\*温引張試験についても、比較例に比べ、実施例の鍛造用素材が良好であり、上述した結晶粒の微細化による靱性および強度の向上によるものであることが確認できる。耐摩耗性試験による比摩耗量の値についても、実施例の鍛造用素材は、ほぼ同成分系のAC8B（サンプルNo. 12）およびA4032（サンプルNo. 13）と比較して良好であり、結晶組織が均一でかつ粒度が小さいことによる効果であることが確認できる。

【0079】〈製品試験〉上記実施例のうちサンプルNo. 1の合金を使用して、実際にカーコンプレッサ用ピストンの鍛造を行った。鍛造され、その後外周部および所定の部位を機械加工して形成されるピストンは、概略、図7に示す形状をなすものである。鍛造は、400tのクランクプレスを使用し、鍛造温度を420℃で実施した。詳しい鍛造条件は、下記表3に示す。

【0080】

【表3】

※工程における冷却速度と、押出加工工程における加工温度および加工率とを規制するという構成をとる。このような構成とすることで、本発明の製造方法は、均一であり微細な組織を有する本発明のアルミニウム合金鍛造用素材を容易に得ることができ、また、鍛造工程と押出加工工程との間に、均質化焼鈍処理、ヒール加工を必要としないことで、生産性がよく、簡便であって、迅速かつ低コストな製造方法となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の製造方法であって、熱間押出加工工程において、押出し成形用ビレットがコンテナの前部にて予備成形されつつグイス穴より押出される様子を概念的に示す。

【図2】 本発明の製造方法の一実施形態であって、矩形状の断面をもつビレットを予備成形しつつ、小径の鍛造用素材を押出成形する場合の、ビレットから鍛造用素材までの連続した形状を模式的に示す。

【図3】 実施例で行ったシャーリング切断試験の判定基準を示す。

【図4】 実施例で行った鍛造性試験における試験片および試験方法の概略を示す。

【図5】 本発明のアルミニウム合金鍛造用素材の実施例であるサンプルNo. 3の鍛造用素材の断面組織を示す。

【図6】 比較例であるサンプルNo. 13の鍛造用素材の断面組織を示す。

【図7】 製品試験で鍛造を行ったカーコンプレッサ用ピストンの概略形状を示す。

【符号の説明】

10：コンテナ

11：ダイス穴 12：予備成形部

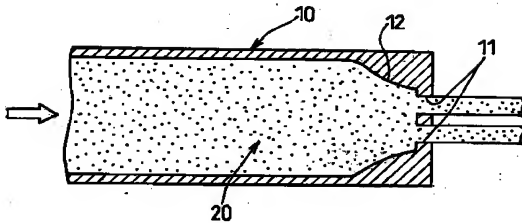
20：押出成形用ピレット

30：鍛造性試験機

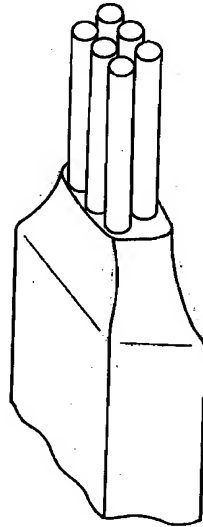
31：試験片 32：金敷き 33：ハンマー

34：割れ

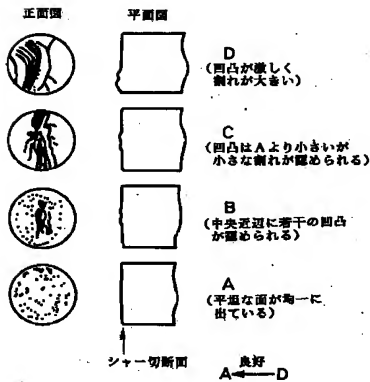
【図1】



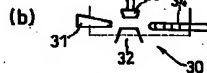
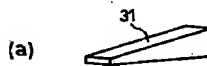
【図2】



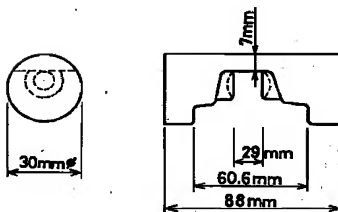
【図3】



【図4】



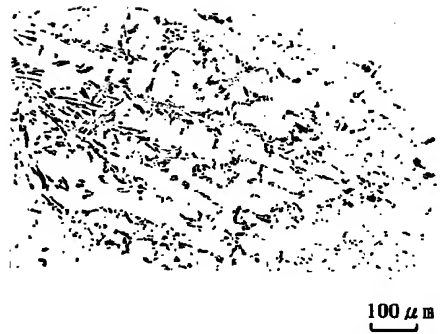
【図7】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7 識別記号

B 2 2 D	11/00	
	11/124	
C 2 2 C	21/02	
// C 2 2 F	1/00	6 0 4
		6 1 2
		6 3 0

6 4 0  
6 9 2  
6 9 4

F I

B 2 2 D	11/00
	11/124
C 2 2 C	21/02
C 2 2 F	1/00

テーマコード(参考)

E  
L

6 0 4  
6 1 2  
6 3 0 J  
6 3 0 A  
6 3 0 D  
6 3 0 G  
6 4 0 A  
6 9 2 A  
6 9 4 A  
6 9 4 B

(72) 発明者 駒田 哲也  
愛知県丹羽郡大口町余野一丁目60番地 東久株式会社内

(72) 発明者 加藤 崇行  
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機製作所内

(72) 発明者 向井 孝光  
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機製作所内

(72) 発明者 高松 正人  
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機製作所内

F ターム(参考) 4E004 KA12

4E029 AA01 AA03 AA06 AB01 AB03  
BA02 BA01 SA01 SA02 SA04  
4E087 AA10 BA01 BA03 BA14 BA24  
CA21 CA22 CB01 CB04 DB12  
DB15 DB16 DE23 DE24 EC17  
EC18 EC54 HA62 HA67

**PAT-NO:** JP02001020047A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 2001020047 A  
**TITLE:** STOCK FOR ALUMINUM ALLOY FORGING AND ITS PRODUCTION  
**PUBN-DATE:** January 23, 2001

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
SEKIGUCHI, TSUNEHISA	N/A
KOMADA, TETSUYA	N/A
KATO, TAKAYUKI	N/A
MUKAI, TAKAMITSU	N/A
TAKAMATSU, MASATO	N/A

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
TOYOTA AUTOM LOOM WORKS LTD	N/A
TOKYU KK	N/A

**APPL-NO:** JP11190951  
**APPL-DATE:** July 5, 1999

**INT-CL (IPC):** C22F001/043 , B21C023/00 , B21J001/04 , B21J005/00 , B21J005/06 , B22D011/00 , B22D011/124 , C22C021/02 , C22F001/00

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce an inexpensive stock for aluminum alloy forging free from the need of homogenizing annealing treatment, excellent in high temp. strength, fatigue strength, wear resistance and stress corrosion resistance and furthermore excellent in forgeability and shearing cuttability and to provide a producing method therefor excellent in productivity.

**SOLUTION:** This stock for aluminum alloy forging is composed of an aluminum alloy contg., by weight, 8 to 22% Si, 0.5 to 5% Cu and 0.3 to 1.5% Mg, has a microstructure in which the average particle size of Si crystals in an Al-Si eutectic structure is  $\leq 25 \mu\text{m}$  and the average particle size of Si crystals as primary crystals is  $\leq 30 \mu\text{m}$  or the average particle size of  $\alpha$  crystals as primary crystals is  $\leq 60 \mu\text{m}$  and is formed by hot extrusion of 30 to 70% working ratio at 360 to 460° C. Moreover, the stock for forging is produced by a producing method in which the cooling ratio in a forging stage and the working temp. and working ratio in an extrusion working stage are controlled.

**COPYRIGHT: (C)2001,JPO**